

정면 오프셋 충돌시 가스튜브를 이용한 차량용 범퍼의 손상성, 수리성에 대한 연구

조 휘 창^{*1)} · 박 인 송²⁾

서일대학 자동차과¹⁾ · 보험개발원 자동차기술연구소²⁾

A Study on the Damageability and Repairability of the Car Bumper Systems with Gas Tube

Huichang Jo^{*1)} · Insong Park²⁾

^{*1)}Korea Automobile Insurance Repair Research & Training Center, Gyeonggi-do 467-880, Korea

²⁾Department of Automotive Engineering, Seoul College, 49-3 Myeonmog-8 dong, Jungrang-gu, Seoul 131-702, Korea

(Received 4 July 2003 / Accepted 31 July 2003)

Abstract : The car crash accidents in low speed occurs most frequently. Damage on a conventional bumper after the car accident causes the bumper to get fixed most of time. This study shows how a gas tube bumper reduces a damageability and increase repairability after the car accidents. The 15 km/h 40% offset front and rear crash test recommended by RCAR (Research council for automobile repairs) standard was performed and evaluated damages on the gas tube bumper by the pendulum impact tester. In this study, the gas tube bumper reduces damageability and increases repairability after car crash accidents. In addition, car frame design to apply the gas tube bumper may consider to be changed.

Key words : Damageability(손상성), Repairability(수리성), Car crash accidents(자동차충돌사고), Conventional bumper(기존범퍼), Offset front and rear crash test(오프셋 정후면충돌시험), Gas tube bumper(가스튜브범퍼), RCAR(세계자동차수리위원회)

1. 서론

범퍼는 통계적으로 빈번히 발생하고 있는 전·후면 15 km/h 40% 오프셋 충돌사고에서 많은 손상을 입게 되어 복원수리비가 크게 발생하고 있다.

특히 2000년도 통계에 의하면 사고차량의 전체 작업항목 중에 프론트 범퍼가 차지하는 작업비율이 약 48.5%, 리어범퍼가 26.8%로 나타났으며 저속충돌사고시 범퍼는 대부분 교환되고 이로 인해 소비자의 많은 비용이 수리비로 지출되어지고 있다.¹⁾

국내에서도 세계자동차수리위원회(RCAR)에서 실시하는 차량의 손상성, 수리성을 보험저속충돌방법인 정면 15km/h 40% 오프셋 충돌시험으로 평가하고 있다.^{2,4)}

따라서 관련 부품업체에서도 현재 사용중인 범퍼를 개선하거나 새로운 개념의 범퍼구조를 개발하는 연구를 하고 있으며, 가스튜브를 이용한 다양한 종류의 범퍼가 저속충돌시 손상성 향상을 위한 대안으로 시도되고 있다.⁵⁾

본 연구는 기존범퍼의 성능을 개선하므로써 빈번히 발생하는 충돌사고인 전·후면 15 km/h 40% 오프셋 충돌사고에서 복원수리비가 적게 발생하도록

*To whom correspondence should be addressed.
johui@seoil.ac.kr

록 하는데 목적이 있다.

이를 위하여 펜듈럼 충격장치를 사용하여 정면 15km/h 40% 오프셋 충돌시험을 하였으며 시험대상 범퍼는 기존 범퍼, 다중가스튜브 범퍼, 섬유매트리스와 스틸 판으로 감싼 싱글가스튜브 범퍼의 3종류로 하였다.

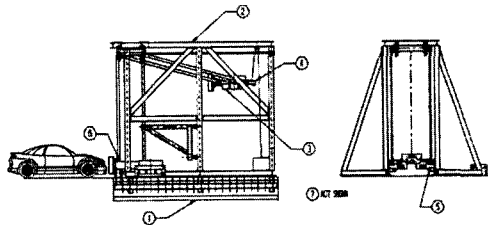
그리고 싱글가스튜브 범퍼에서는 공기압의 영향을 알아보기 위해 공기압을 40psi와 50psi로 구분하여 범퍼 단품시험과 실차시험을 실시하고 비교분석하였다.

연구결과에서는 범퍼별 차량에 미치는 감속도를 측정하였으며 이때 차량의 손상성, 수리성 비교를 위해 손상부품에 대한 비교분석도 실시하였다.^{6,7)}

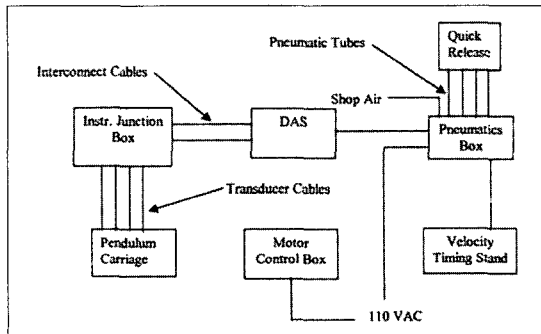
2. 시험장치 및 방법

2.1 시험장치

본 연구에 사용되어진 충돌시험장치는 Fig. 1과 같은 펜듈럼 충돌시험장치로서 장비의 구성은 ① Foundation insert ② Structure frame ③ Pendulum carriage ④ Carriage retract/release mechanism ⑤ Rebound mechanism ⑥ Velocity timing stand ⑦ Data



(a) Pendulum crash test equipment



(b) System diagram

Fig. 1 Pendulum crash test equipment

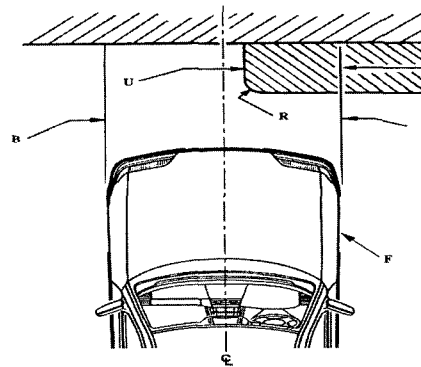
acquisition system(DAS)으로 되어있다.

장비의 특징으로는 고정벽 저속정면충돌시험과 동일한 효과를 발휘하도록 컴퓨터를 이용한 역학적 계산이 가능하여 짧은 시간내에 여러번의 충돌시험이 용이하고 저렴하게 행할 수 있는 장점이 있다.

2.2 시험방법

충돌사고시 차량손상으로 인한 운전자의 유지비용부담에 영향을 주는 손상성, 수리성의 저하는 복원수리비의 증가로 이어져 소비자의 부담이 된다.

따라서 이의 대응을 위해 세계자동차수리위원회(RCAR)를 중심으로 저속충돌시험을 통해 차량별 손상성, 수리성 평가를 실시하고 있다.



U = Offset 40%, B = Width of vehicle
VF = 15.0 + 1.0 - 0km/h, R = 150mm, F = Test vehicle

Fig. 2 RCAR 15km/h 40% offset frontal crash test

시험방법으로는 Fig. 2와 같이 세계자동차수리위원회에서 규정한 정면 15km/h 40% 오프셋 충돌시험을 펜듈럼 충돌장치를 이용하여 시험조건에 맞게 설치한 후 시험절차에 따라 실시하였다.³⁾

2.3 범퍼의 구조와 시험편

각 범퍼의 구조특성을 비교하면 기존에 사용하고 있는 범퍼의 구조는 범퍼커버, E.P.P 폼(Extended polypropylene foam), 범퍼빔으로 구성되어 있으며 가스튜브범퍼가 기존범퍼와 구조적으로 다른 점은 Fig. 3과 같이 저속충돌시 충격흡수장치를 기존범퍼에 있는 E.P.P 폼 대신에 가스튜브를 삽입하고 범퍼빔의 구조를 가스튜브 특성에 맞게 변경한 것이다.

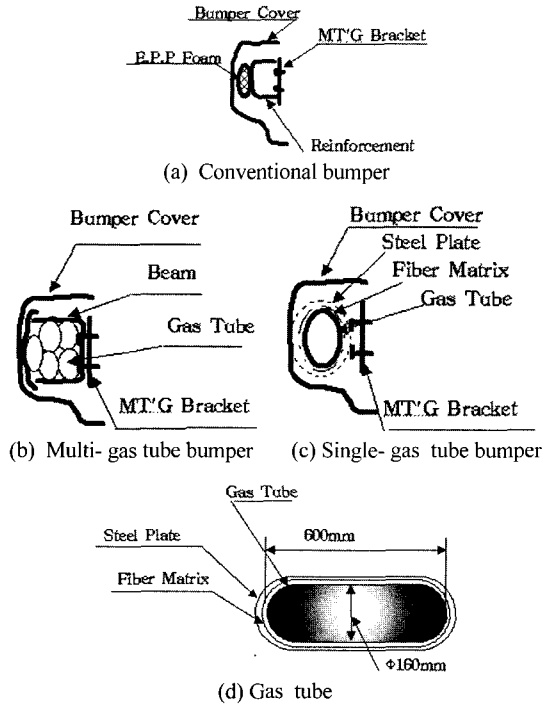


Fig. 3 Basic structure of each bumper

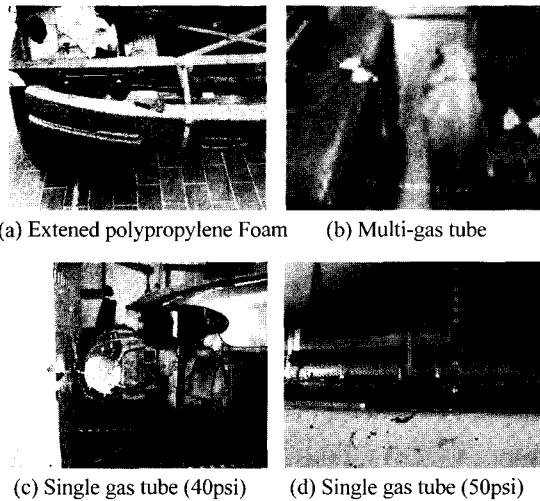


Fig. 4 A shape of each specimens

본 연구에 적용된 시험편은 기존범퍼와 가스튜브범퍼에서의 3종류에 대하여 단품시험과 실차시험을 하였으며 그 형상은 Fig. 4와 같다. 또한 Table 1에서 보여주듯이 기존범퍼의 시방은 E.P.P 폼의 크기가 두께 50mm × 높이 120mm × 길이 1600mm이

고, 가스튜브범퍼의 다중가스튜브 시험편은 직경 100mm × 길이 500mm × 3개(EA)의 가스튜브를 다발로 묶은 상태이며, 싱글가스튜브 시험편은 직경 160mm × 길이 600mm × 1개(EA)로 섬유 매트릭스와 스틸판으로 가스튜브를 Fig. 3 -(c)(d)과 같이 감싼 상태이다.

Table 1 The specification of test specimens

Items	Mark	Specimen	Size(mm)
Conventional bumper	NO.1	Extened polypropylene Foam (E.P.P)	E.P.P Foam: width 50 × height 120 × length 1600
	NO.2	Multi-gas tube	Φ100×length500×3EA
Gas tube bumper	NO.3	Single gas tube (Air pressure 40psi)	Φ160× length 600×1EA : 섬유 매트릭스와 스틸판으로 가스
	NO.4	Single gas tube (Air pressure 50psi)	튜브를 감싼 상태

3. 시험 및 고찰

3.1 단품시험

단품시험에서는 각각 범퍼 어셈블리의 충돌흡수 성능을 파악하기 위한 시험으로 일반차량 시험에서는 프론트 사이드멤버가 15km/h 40% 오프셋충돌에서 대부분 손상되어 범퍼 어셈블리의 충돌 흡수 성능을 파악하기 어렵다.

아울러 여러번의 시험을 수행할 수 없어 본 시험 조건에서는 변형되지 않도록 차체구조를 변경한 대차를 이용하여 반복시험을 실시하였다.

따라서 필라 하단과 무게중심에서의 가속도값 차이가 일반차량에서 보다 크게 발생하는 것은 여러 번의 모의시험을 위해 특별히 제작된 단품시험차량(대차)의 프론트 사이드멤버 충돌특성 때문이다.

Fig. 5는 단품시험에 대한 싱글가스튜브(공기압 40 psi)의 시험전후 손상형태로서 이때 시험차량 중량은 1.410kg(차량) + 75kg(적재) = 1,485kg이다.

이때 감가속도 값을 계측 분석한 결과, Table 2와 같이 B필라 하단 X축에서 기존범퍼는 최대 50.3 G, 다중가스튜브의 경우 최대 22.05 G, 싱글 가스튜브는 16.13G 로 나타났다.

C.G X축에서는 기존범퍼의 경우는 최대 207.73 G, 다중 가스튜브는 최대 17.39 G, 싱글 가스튜브는

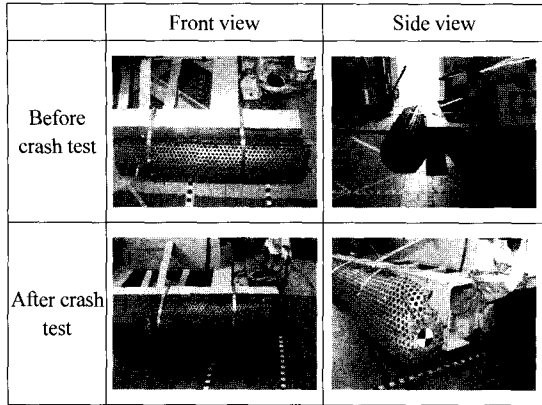


Fig. 5 Specimen shape of before/after part crash test

Table 2 The acceleration of each test specimen in part crash test

Division		Deceleration		Force (kg)
		B-pillar(X)	C.G (X)	
Conventional bumper	Max.	50.3 G	207.73 G	17,968
	Min.	-3.04 G	-2.84 G	
Multi-gas tube bumper	Max.	22.05 G	17.39 G	18,145
	Min.	-2.82 G	-11.59 G	
Single gas tube bumper (Air pressure 40 psi)	Max.	16.13 G	16.15 G	7,247
	Min.	-2.24 G	-2.49 G	

16.15G로 나타났다.

따라서 오프셋 충돌특성을 고려하여 B필라 하단에서의 감가속도 값을 분석하여 보면 기존범퍼에 비해 다중 가스튜브의 경우는 약 40~50%, 싱글 가스튜브의 경우는 30%로 수준으로 저하되어 우수함을 알 수 있다.

또한 기존범퍼의 경우 감가속도 값이 높은 것은 흡수력이 매우 미비하여 범퍼빔과 펜듈럼이 부딪치므로 충돌 평가의 의미가 없었고, 다중가스튜브범퍼와 싱글 가스튜브(공기압 40psi)는 실차시험과 유사한 결과를 보여 일반적인 승용차량의 15km/h 40% 오프셋 정면충돌시 C.G 가속도 값은 약10~20G 내외 정도임을 감안하면 싱글 가스튜브는 범퍼 단독으로도 우수한 결과를 보여 주었다.

3.2 실차시험

실차시험에 대한 싱글 가스튜브의 시험전후의

손상형태는 Fig. 6과 같으며 시험차량의 중량은 단품시험에서와 마찬가지로 가스튜브의 공기압에 따른 영향을 알아보기 위해 싱글 가스튜브의 공기압력을 40psi, 50psi 2종류로 하여 실차시험을 하였다.

실차시험결과는 Table 3과 같이 B필라 하단 X축에서 기존범퍼는 최대 13.72 G, 최소 0.85 G, 다중 가스튜브는 최대 12.9 G, 최소 -0.3 G이고, C.G X축에서는 싱글 가스튜브는 공기압이 40psi 일 경우 최대 7.34 G, 최소 -3.35 G이고, 공기압이 50psi 일 경우는 최대 6.84 G, 최소 -0.59 G로 나타났다.

따라서 실차시험에서도 단품시험과 같이 오프셋 충돌특성을 고려하여 B필라 하단에서의 X값을 보면 다중가스튜브가 약 10%정도 우수한 것으로 나타났으며 다중 가스튜브의 경우 여러개의 가스튜브를 조립하는 과정에서 제작공정이 다소 증가하는 단점이 있었다.

실제 손상된 부품비교에서도 Table 4와 같이 기존 범퍼차량보다 다중가스튜브 차량이 좌측 사이드멤버

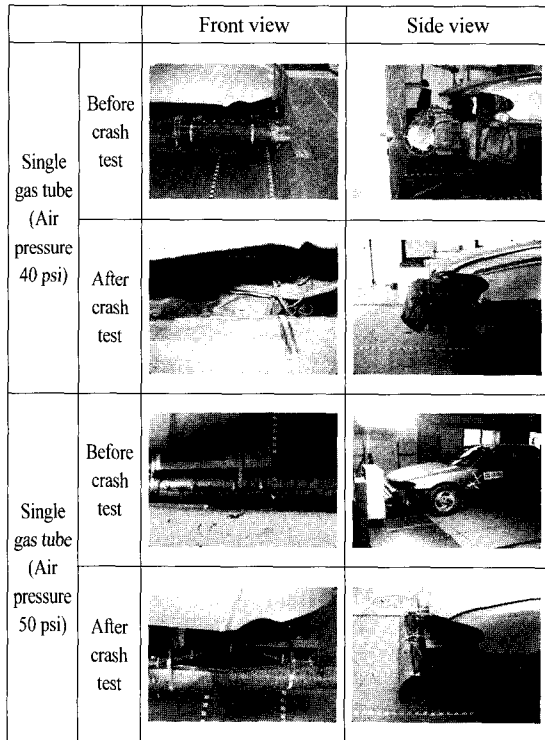


Fig. 6 Specimen shape of before/after vehicle crash test

Table 3 The acceleration of each test specimen in vehicle crash test

Division		Deceleration		Force (kg)
		B-pillar(X)	C.G (X)	
Conventional bumper	Max.	13.72 G	7.48 G	9,417
	Min.	0.85 G	- 1.63 G	
Multi-gas tube	Max.	12.9 G	7.23 G	9,998
	Min.	- 0.3 G	5.99 G	
Single gas tube (Air pressure 40 psi)	Max.	-	7.34 G	7,247
	Min.	-	-3.35 G	
Single gas tube (Air pressure 50 psi)	Max.	-	6.84 G	8,329
	Min.	-	-0.59 G	

Table 4 The damage parts in vehicle crash test

Division		C.G (X)	Durati-on	Damage parts
Conventional bumper		7.48G	약 0.1	-범퍼손상 -앞패널손상 -사이드멤버선단손상 -사이드멤버 600mm부위손상
Gas tube bumper	Multi-gas tube	7.23G	약 0.134	-범퍼손상 -앞패널손상 -사이드멤버선단손상
	Single gas tube (Air pressure 40psi)	7.34G	약 0.154	-범퍼손상 -앞패널손상 -사이드멤버선단손상
	Single gas tube (Air pressure 50psi)	6.84G	약 0.12	-범퍼손상 -앞패널손상 -사이드멤버선단손상 -사이드멤버 600mm부위손상

버, 라디에이터, 에어컨 콘덴서 및 주변부품등이 손상되지 않아 수리비도 절감되어짐을 알 수 있었다.

그러나 싱글가스튜브 범퍼에서는 기존범퍼와 가속도 값 및 손상정도가 유사하게 나타나 기존 차체 구조에서는 가스튜브가 완전압착(Bottom up)이 될 시점까지 가스튜브 뒤편에 있는 서포트 구조가 압쇄되지 않아야 가스튜브 고유의 기능을 제대로 발휘할 수 있다는 것을 알 수 있다.

따라서 기존차량에서는 차체구조를 싱글가스튜브 범퍼 기능에 맞게 설계변경을 해야 안전성 및 손상성 향상을 유도할 수 있을 것으로 판단됐다.

4. 결론

저속 정면 오프셋 충돌시 가스튜브를 이용한 차량용 범퍼의 손상성 및 수리성을 기존차량의 E.P.P 폼범퍼와 가스튜브범퍼의 다중가스튜브, 싱글가스튜브의 성능을 단품시험과 실차시험을 통해 감가속도 값과 손상성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

단품시험을 통해서도 다중가스튜브범퍼와 싱글가스튜브(공기압 40psi)는 실차시험과 유사한 결과를 보여 범퍼범의 손상 없이 가스튜브 단독으로도 우수한 결과를 보여 주었다.

실차시험을 통해서도 B필라 하단에서의 감가속도 값이 다중가스튜브범퍼가 우수함을 알 수 있었고 또한 손상부품은 좌측 사이드멤버, 에어컨콘덴서, 라디에이터 및 기타 주변부품의 손상이 다중 가스튜브장착 실차시험에서는 나타나지 않아 수리비도 절감되어짐을 알 수 있었다.

그러나 싱글가스튜브 범퍼를 기존차량에 장착 할 경우 가스튜브의 고유기능을 발휘하지 못하므로 이를 위해서는 가스튜브 특성에 맞는 차체의 설계 변경이 반드시 수반되어야 할 것으로 판단됐다.

향후 그동안 실험결과에서 나온 범퍼의 충격흡수 성능을 지배하는 요인, 즉 가스튜브의 크기, 가스튜브의 커버강도, 가스튜브의 공기압, 차체프레임의 설계 강도 등에 대한 체계적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

후 기

본 논문은 2002년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음.

References

- 1) KIDI(Korea Insurance Development Institute), Automobile Insurance Statistical Data, pp.56-60, KIDI Publish, 2001.
- 2) RCAR(Research Council for Automobile Repairs), Low Speed Frontal, Rear 15 km/h 40% Offset Crash test Damageability, Repairability, RCAR, 1999.
- 3) I. S. Park, "A Study on the Vehicle Safety at a

- High Speed Crash and the Vehicle Damageability and Repairability at a Low Speed Crash," Ph. D Dissertation, Kookmin University, pp.40-60, 2000.
- 4) A. J. Watte, Low Speed Automobile Accidents, Lawers & Judges Publishing Company Inc., 1998.
 - 5) I. S. Park, H. C. Jo, "A Study on the Repairing Cost Down Effects of the Car Bumper Systems with Gas Tube in a Low Speed Crash Test", Transactions of KSAE, Vol.11, No.2, pp.182-189, 2003.
 - 6) KSAE, Car Technology Handbook-2(design), pp.531-559, Korean Society of Automotive Engineers, 1996.
 - 7) Dongbu Fire Insurance, Car Repair Standard Work Time Table, Dongbu Fire Insurance Publish, 1999.